

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

376/444

(54) FUEL ASSEMBLY

(11) Kokai No. 52-50498 (43) 4.22.1977 (21) Appl. No. 50-125939

(22) 10.21.1975

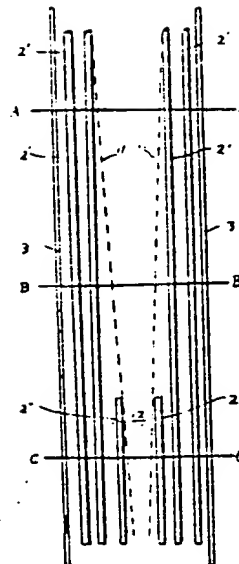
(71) NIHON GENSHIRYOKU JIGYO K.K. (72) KIYOSHI UEDA

(52) JPC: 156B22:B23

(51) Int. Cl.<sup>2</sup> G21C3/32,5/00

**PURPOSE:** Mapping out the enhancement of output for the entirety of reactor core in the process that the moderator to fuel volume ratio inside the channel box may changed in the axial direction of the fuel assembly to control the output peak.

**CONSTITUTION:** With the arrangement that the normal length of fuel rods 2' may be put around the circumference inside the channel box 3, centripetally the shorter fuel rods 2'' put, at the center is formed upward broadened conic moderator flow path 12 to even the effective Boyd ratio distribution in the axial direction of the fuel assembly.



(translation  
attached)



(4,000円) (特許法第8条ただし書の規定による特許出願)

昭和50年10月21日

特許庁長官 廣 英 雄 殿

1 発明の名称 燃料集合体

2 特許請求の範囲に記載された発明の要旨

3 発明者

住所 神奈川県横浜市都立区山手町4番1号  
日本原子力発電株式会社研究所内  
氏名 佐田 信 雄

4 特許出願人

住所 東京都港区三田三丁目13番12号  
名称 日本原子力発電株式会社  
代表者 上 光 敏 夫

5 代理人 千158

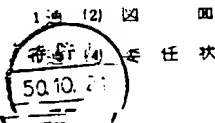
住所 東京都世田谷区上野川四丁目34番1-110号  
電話 428-1026

氏名 井理士(7188) 門 脇

6 添付書類の目録

(1) 明細書

(2) 図面



明 細 書

1 発明の名称

燃料集合体

2 特許請求の範囲

1 チャンネルボックスと、前記チャンネルボックス内に配置された多数の燃料棒とからなる燃料集合体において、燃料集合体の内部に上方に向つて次第に拡大する減速材の通路を形成するように長さの異なる燃料棒を配置し前記チャンネルボックス内の減速材対燃料体積比を燃料集合体の軸方向に変化させることを特徴とする燃料集合体。

2 特許請求の範囲第1項記載の燃料集合体において、前記減速材の通路に水またはその他の減速材棒を配置したことを特徴とする燃料集合体。

3 特許請求の範囲第1項記載の燃料集合体において、燃料集合体中にボイド管を配置したことを特徴とする燃料集合体。

3 発明の詳細な説明

本発明は熱中性子を利用する原子炉の燃料集合

① 日本国特許庁

# 公開特許公報

①特開昭 52 - 50498

③公開日 昭52.(1977) 4.22

②特願昭 50 - 125939

②出願日 昭50.(1975) 10.21

審査請求 未請求 (全5頁)

庁内整理番号

74/4 23  
74/4 23

⑤日本分類

136 B22  
136 B23

⑤ Int. Cl?

G21C 3/32  
G21C 4/00

識別  
記号

体に関し、特に沸騰水型原子炉に好適な燃料集合体に関する。

沸騰水型原子炉の燃料集合体は規則正しいピッチで格子状に原子炉炉心内部に配置されている。第1図に燃料集合体の1つを取出して示したが、全体を符号1で示す燃料集合体は、多数の燃料棒2(図示例では7×7)と、以下図示しない上部タイブレードと、下部タイブレードと、スペーサおよびチャンネルボックス3とよりなっている。

燃料棒2はチャンネルボックス3内に挿入され、燃料棒の軸方向に、ある間隔をもつて配置された多数のスペーサによつて保持され、位置決めされている。各燃料棒2は一般に等間隔に配置され、各燃料棒間には冷却材流路4が形成されている。燃料棒の両端はチャンネルボックス内に挿入される上部および下部タイブレードによつて保持される。上部タイブレードと下部タイブレードは数本の燃料棒の先端プラグを加工したタイロッド燃料棒で結合されている。燃料集合体内には冷却材である水が流れ、この水は燃料棒中に存在するウラ

ン、プルトニウム等の核分裂反応によつて発生する熱を除去する。燃料集合体間の間隔すなわちチャンネルボックス3の外周5にも水が存在する。6は十字型制御棒である。

水は冷却材としての働きを有すると同時に減速材としての働きを有する。核分裂によつて水中に飛び出した高速中性子は、水によつて減速されて熱中性子になる。この熱中性子がウラン、プルトニウム等の核分裂性物質と衝突すると、核分裂反応が誘起される。

沸騰水型原子炉においては、炉心の反応度や出力分布を制御するために、炉心下部から上部に向つて制御棒6が挿入される。その駆動は炉心外部から行なわれる。

第2図は制御棒6を炉心下部から中央部付近まで挿入した状態で、定格出力運転している場合の軸方向ボイド率曲線7と吐出力密度（出力）分布曲線8を示した。制御棒挿入領域および制御棒先端領域では、ボイド率は小さいが先端領域よりさらに上側の領域9ではボイド率曲線7が示すよう

ピークを抑制するものである。

以下本発明の2、3の実施例について図面を参照して詳細に説明する。

第3図に本発明による実施例の1つを示した。チャンネルボックス内に配置される多数の燃料棒をたとえば2種類の長さの燃料棒2'と2''に分け正規の長さの燃料棒2'は、チャンネルボックスの周辺に、つぎにこれより短い燃料棒2''を配置すれば、第3a図に示す側面図では燃料棒頭部を連ねる直線11、11'が得られる。断面A-A（第3b図）、B-B（第3c図）、およびC-C（第3d図）に示すようにこれらの直線で形成される上方に広がるほぼ円錐形の流路が得られる。かくして炉心内の燃料棒の間。たとえば下方流路12を通過して上方に流れる減速材と冷却材を兼ねる水は燃料集合体上方へ行くに従つて拡がり、ボイド発生により減少する水の量を補うことになる。このことは燃料集合体軸方向の実効的なボイド率分布が一層平坦化することを示すものである。

次に本発明のもう一つの実施例を第4図に示す。

特開昭52-50438(2)に活発にボイドが発生する。発生したボイドは抑制的にまたは浮力によつて炉心上部に移動せられる。減速材である水がボイドによつて排除されると、熱中性子の数が低下するため、ウラン、プルトニウム等の核分裂反応が起りにくくなり、従つて熱出力が低下する。制御棒先端領域はまだボイドがあまり発生していないことと、制御棒による熱中性子の吸収が少なくなったためであるため、熱中性子が多量に集積する。この結果前記制御棒先端領域またはその近傍に非常に高い出力ピーク10が生ずることは、出力分布の平坦化を妨げ、原子炉全体の熱出力の低下をきたすものである。

本発明の目的はこの出力ピーク10を抑制することによつて炉心全体の出力の向上をはかり、さらに原子炉の安定した運転や燃料の燃焼度を延ばす燃料集合体を提供するにある。すなわち本発明の特徴はチャンネルボックス内の減速材（水）対燃料体積比を燃料集合体の軸方向に変化させて、ボイドが軸方向に分布しているために生ずる前記

水または気水混合体が占める第3図の円錐12の代りに、断面D-D（第4b図）、E-E（第4c図）およびF-F（第4d図）に示すように上方に広がる水封入棒13（第4a図）を挿入してスペースなどで保持すれば、第1実施例と同様に、あるいは更に効率よくボイド発生により減少する水の量を補うことができ、燃料集合体軸方向の実効的なボイド率分布を平坦化させうる。なお水封入棒13は水以外の減速材、たとえばジルコニウムハイドライドやチタンハイドライドなどの金属水素化合物やベリリウム、黒鉛、重水、あるいはこれらの化合物などを含む棒で置換してもよい。

第5a図ないし第5c図は第4図に相当する実施例であるが、この場合上方に行くに従つて拡大する水封入棒13の代りに一様な直径の水封入棒13'を配置するものである。第5a図は燃料集合体上部で4本の水封入棒を、第5b図は燃料集合体中央部で2本の水封入棒を、第5c図は燃料集合体下部で水封入棒を全然配設していない燃料集合体を示す。

さらに本発明のもう一つの実施例は、燃料集合体の下方に、除する構造の管、たとえばボイド管14を、ボイド管をその寸法を次第減少させて配設すれば、ボイド率の軸方向分布が管の配置によつて制御棒挿入時の炉心核特性の異なる。

第7図はボイド率分布について、前述した集合体の場合との比較が本発明実施例、図解ある。本発明の燃料体7より下がつて平坦化は従来の曲線8より低下する。これは主として所10、17より上の

図で、第4b図ないしE-E、F-F線であり第5c図は一様な向に配設した燃料ボイド棒を有する燃料体7より下がつて平坦化は従来の曲線8より低下する。これは主として所10、17より上の

1...燃料集合体  
3...チャンネル  
5...水  
6...ボイド管

代理人

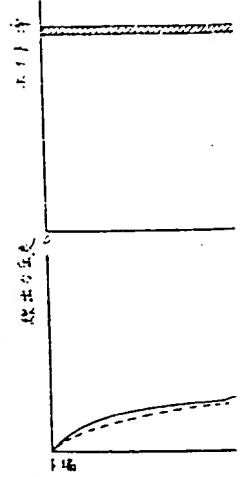
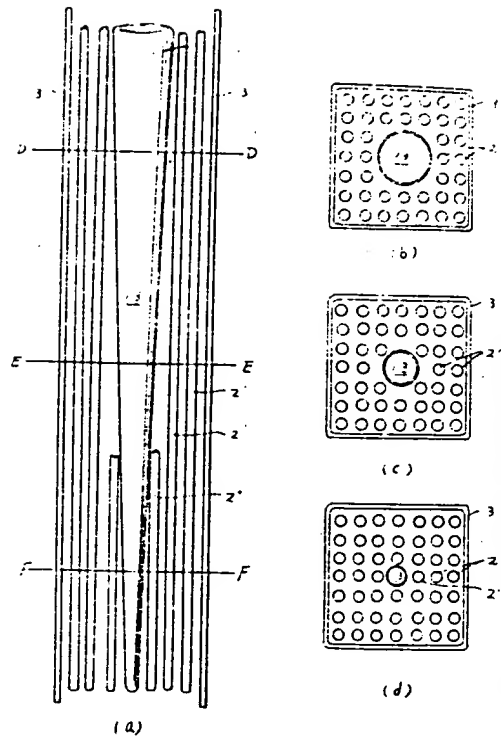
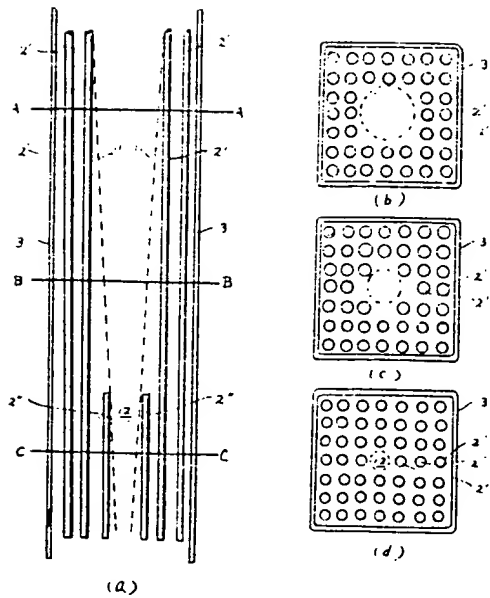
1 当する  
 従つて並  
 の水封水  
 1 燃料集  
 1 燃料集  
 1 は燃料  
 い燃料

1...燃料集合体      2...燃料棒  
3...チャネルボックス      4...流路  
5...水      6...制御棒      13...水計入管  
14...ボイド管

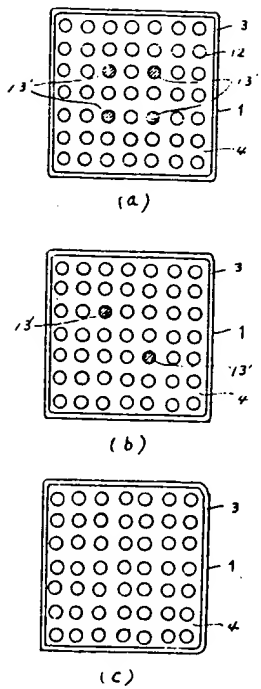
代理人 井理士 門 脇 実

第1図は従来の燃料集合体の横断面図、第2図は第1図に示す燃料集合体の軸方向のボイド率と出力密度を示す図、第3図ないし第6図は本発明による実施例のそれぞれを示す図で、第3a図は上方に円錐形に拡がる水通路を有する燃料集合体の側面図、第3b図ないし第3d図は第3a図のA-A、B-B、C-C線で切つた断面図、第4a図は円錐形の水封入槽を有する燃料集合体の側面

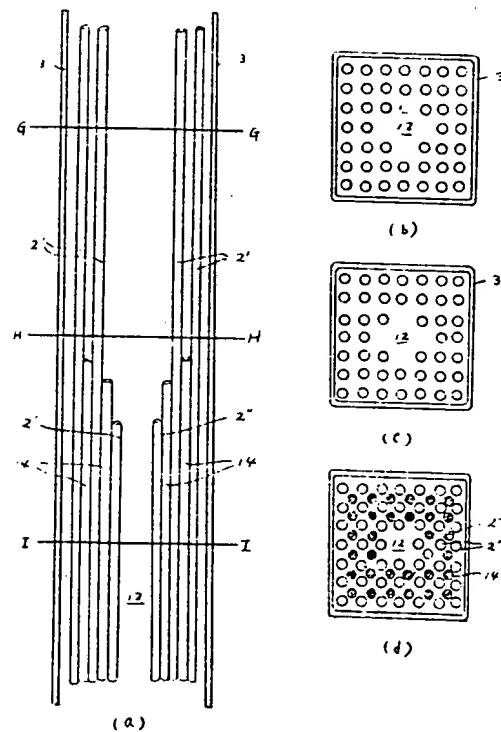
A diagram of a square grid of circles. The grid is composed of 5 rows and 5 columns of small circles. The grid is labeled with numbers 1 through 6. Label 1 points to the top-right corner of the grid. Label 2 points to the right edge of the grid. Label 3 points to the top edge of the grid. Label 4 points to the bottom edge of the grid. Label 5 points to the left edge of the grid. Label 6 points to a horizontal line extending from the bottom-left corner of the grid.



第 5 図



第 6 図

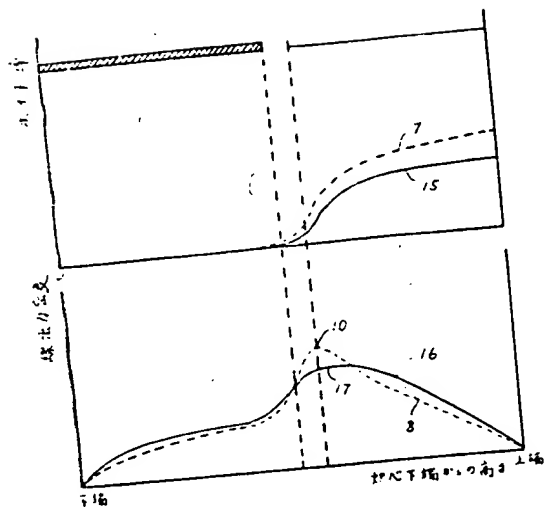


- 1) 明細書第 3 頁「燃料棒集合体」
  - 2) 同第 9 行の「燃料棒」
  - 3) 明細書第 5 頁「燃料棒」
  - 4) 明細書第 8 頁「燃料棒」と修正す
  - 5) 同第 11 行と「燃料棒」
- なお本発明の実施例において、短い燃料棒を発生する部分のウラン 235 濃度を高い中性子吸収物（例えば、硼酸）を配置してきる。

昭和50年11月17日

特許庁長官 斎藤 英 達 殿

1. 事件の表示  
昭和50年特許第125939号
2. 発明の名称  
燃料集合体
3. 補正をする者  
事件との関係 特許出願人  
住所 東京都港区三田三丁目13番12号  
氏名 日本原子力発電株式会社  
代表者 七光 敏夫
4. 代理人  
事務所 (〒158)  
東京都世田谷区上用賀四丁目34番  
1-110号 電話 428-1026  
氏名 井理士 (7188) 門 脇 実
5. 補正命令の日付  
自発
6. 補正により増加する発明の数  
なし
7. 補正の対象  
明細書の発明の詳細な説明の項
8. 補正の内容  
別紙記載の通り



- 1) 明細書第3頁第2行「燃料集合体の間隔」を「燃料集合体の間隙」と補正する。
- 2) 同第9行の「衝突」を「衝突」と補正する。
- 3) 明細書第5頁第8行の全行を「近傍に、つぎにこれより短い燃料棒2を燃料棒2の内側に配置すれ」と補正する。
- 4) 明細書第8頁第10行の「燃料棒」を「燃料棒」と補正する。
- 5) 同第11行と第12行に次の文を挿入する。  
なお本発明の実施例である第3図～第6図において、短い燃料棒2の上端近傍に出力ピークを発生する恐れがあるときは、ピーク発生部分のウラン235の濃縮度あるいはプルトニウム富化度を変化させ、もしくは上端部に弱い中性子吸収物質（たとえばステンレス鋼など）を配置してピーク発生を避けることができる。

APR 1971

376-444

(Translation of)

## (54) FUEL ASSEMBLY

(11) Kokai No. 52-50498 (43) 4.22.1977 (21) Appl. No. 50-125939

(22) 10.21.1975

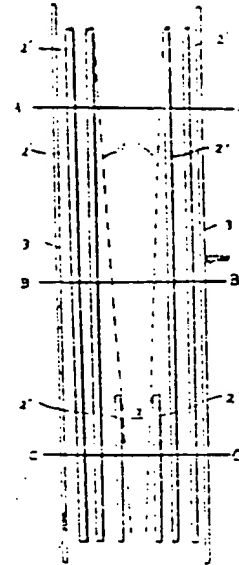
(71) NIHON GENSIIYOKU JIGYO K.K. (72) KIYOSHI UEDA

(52) JPC: 136B22:B23

(51) Int. Cl. G21C3/32.5/00

**PURPOSE:** Mapping out the enhancement of output for the entirety of reactor core in the process that the moderator to fuel volume ratio inside the channel box may changed in the axial direction of the fuel assembly to control the output peak.

**CONSTITUTION:** With the arrangement that the normal length of fuel rods 2' may be put around the circumference inside the channel box 3, centripetally the shorter fuel rods 2'' put, at the center is formed upward broadened conic moderator flow path 12 to even the effective Boyd ratio distribution in the axial direction of the fuel assembly.



Eng Trans

exchange water re  
for void space



PTO 88-0862

Japanese Kokai Patent No.

Sho 52[1977]-50498

FUEL ASSEMBLY

M. Veda

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE  
WASHINGTON, D.C.

MARCH 1988

JAPANESE PATENT OFFICE  
PATENT JOURNAL  
KOKAI PATENT NO. SHO 52[1977]-50498

Int. Cl.<sup>2</sup>: G 21 C 3/32  
G 21 C 5/00  
Japanese Cl.: 136 B 22  
136 B 23  
Sequence Nos. for Office Use: 7414 23  
7414 23  
Application No.: Sho 50[1975]-125939  
Application Date: October 21, 1975  
Publication Date: April 22, 1977

FUEL ASSEMBLY  
[Nenryo shugotai]

Inventor: M. Veda  
Applicant: Nippon Genshiryoku Jigyo K.K.

Claims

1. A fuel assembly characterized by the following features:  
the fuel assembly consists of a channel box and multiple fuel rods located in the above-mentioned channel box; by arranging fuel rods with different lengths, a passage for a moderator is formed which expands gradually in the upward direction within the fuel assembly; the volumetric ratio of the moderator to the fuel is varied in the axial direction in the above-mentioned channel box.

2. A fuel assembly characterized by the feature that in the fuel assembly described in Claim 1, water or another kind of moderator is injected in the above-mentioned moderator passage.

3. A fuel assembly characterized by the feature that in the fuel assembly described in Claim 1, void pipes are arranged in the fuel assembly.

#### Detailed explanation of the invention

This invention concerns the fuel assembly of an atomic reactor making use of thermal neutrons. In particular, it concerns the fuel assembly suitable for a steam reactor.

In a steam reactor, the fuel assemblies are installed within the reactor core in the shape of a grid with regular pitch. Figure 1 shows one example of such fuel assembly (1), which consists of multiple fuel rods (2) (7 x 7 in the example shown in Figure 1), an upper tie plate (not shown in the figure), a lower tie plate (not shown in the figure), spacers (not shown in the figure), and channel box (3).

Fuel rods (2) are inserted in channel box (3) with their positions maintained by multiple spacers arranged in the axial direction of the fuel rods with a certain interval between each other. Fuel rods (2) are usually arranged with equal distance between each other, forming coolant flow channel (4) between the fuel rods. The two ends of the fuel rods are held by the upper and lower tie plates inserted on the channel box. The upper tie plate and the lower tie plate are bonded by several tie rod fuel rods with machined tip plugs of the fuel rods. Water flows in the fuel assembly as coolant. It removes the heat generated by the nuclear fission reaction of uranium, plutonium, etc., existing in the fuel rods. Water also exists between fuel assemblies, i.e., outside shell (5) of channel box (3). In the figure, (6) is a cross-shaped control rod.

In addition to coolant, water also plays the roll of a moderator. The high-speed neutrons formed in the nuclear fission fly into the water, where they are decelerated into thermal neutrons. The thermal neutrons impact with uranium, plutonium, and other nuclear-fission materials to induce a nuclear fission reaction.

In a steam reactor, in order to control the reaction degree of the reactor core and the output distribution, controlling rods (6) are inserted from the bottom of the reactor core upward. Driving of the controlling rods is performed outside the reactor core.

Figure 2 shows the void ratio distribution curve (7) and linear output density (output) distribution curve (8) in the axial direction of the fuel assembly in the steady state operation when control rod (6) is inserted from the bottom of the reactor core to near the middle of the reactor core. It can be seen that in the region where the control rod is inserted and in the region near the tip of the control rod, the void ratio is small. On the other hand, in region (9) above the tip region, as indicated by void ratio curve (7), more and more voids are formed. The formed voids are moved to the upper portion of the reactor core either by a forced method or by buoyancy. Because the moderator (water) is expelled by the voids, the number of thermal neutrons is reduced; hence, the nuclear fission of uranium, plutonium, etc., becomes difficult, thus resulting in a decrease in the heat output. In the region near the control rod tip, few voids are generated. In addition, due to the control rod, the absorption of the thermal neutrons is low; hence, a large amount of thermal neutrons are accumulated in this region. As a result, very high output peak (10) appears on curve (8) in the region near the control rod tip. Formation of this kind of

output peak (10) hampers the flattening efforts for the output distribution and reduces the overall heat output of the reactor.

The purpose of this invention is to provide a kind of fuel assembly that can suppress output peak (10), that can increase the overall output of the reactor core, and that can ensure a stable operation of the reactor with an increased burning degree of the fuel. This invention is characterized by the feature that the volumetric ratio of the moderator (water) to fuel is made to change in the axial direction in the channel box, so that the above-mentioned peak caused by the distribution of voids in the axial direction can be inhibited.

In the following, this invention will be explained in detail with reference to several application examples illustrated by figures.

Figure 3 shows an application example of this invention. The multiple fuel rods arranged in the channel box can be divided to two types ((2') and (2'')) with different lengths. Fuel rods (2') with the nominal length are arranged near the shell of the channel box, while fuel rods (2'') with a shorter length are arranged on the inner side of fuel rods (2'). In this arrangement indicated in the side view of Figure 3(a), (11) and (11') are the straight lines connecting the tips of the fuel rods. As indicated by cross-sectional views A-A (Figure 3(b)), B-B (Figure 3(c)), and C-C (Figure 3(d)), a nearly conical flow passage is formed by these straight lines, expanding upwards. In this way, when water, used as both moderator and coolant, flows from lower flow passage (12) upward, the cross-sectional area of the passage increases; this complements the loss in water amount caused by the formation of voids. In this way, the effective void ratio distribution in the axial direction of the fuel assembly becomes flatter.

Figure 4 shows another application example of this invention. In this scheme, instead of cone (12) containing water or water-vapor mixture shown in Figure 3, water-filled rod (13) (Figure 4(a)) is inserted and held by spacers as shown in cross-sectional views D-D (Figure 4(b)), E-E (Figure 4(c)), and F-F (Figure 4(d)). In this way, the amount of water reduced by the formation of voids can be complemented in the same way as (or even better than) the first application example, and the effective void ratio distribution in the fuel assembly axial direction becomes flatter. In addition, water-sealed rod (13) can be replaced by rods made of other moderators, such as zirconium hydride, titanium hydride, and other metal hydrides, as well as beryllium, graphite, heavy water, and their compounds.

In the application example illustrated by Figures 5(a)-5(c), the situation is similar to that of Figure 4. However, in this case, instead of a conical water-filled rod, water-filled rods (13') with uniform diameter are installed. It can be seen that in the upper portion of the fuel assembly shown by Figure 5(a), there are 4 pieces of water-sealed rods; in the middle portion of the fuel assembly shown by Figure 5(b), there are only 2 pieces of water-sealed rods; while in the lower portion of the fuel assembly shown by Figure 5(c), there are no water-sealed rods at all.

Figure 6 shows another application example of this invention. In this scheme, in the lower portion of the fuel assembly, void tubes (14) such as hollow tubes made of Zircaloy are installed to exclude 10-30% of water; or the above-mentioned void tubes can be installed in such a way as the number is reduced gradually with the height of the fuel assembly (Figures 6(a)-6(d)). In this way, the axial distribution of the void ratio can be flattened, and the axial distribution of the linear output can also be

flattened. In addition, arrangement of the void tubes can also improve the efficiency of the control rods and the behavior of the reactor core when the control rods are drawn out or inserted.

Figure 7 compares the void ratio distribution and linear output density (output) distribution between the above-mentioned application examples of this invention and the conventional fuel assembly. The solid curves correspond to the application example of this invention, and the dashed curves correspond to the conventional example shown in Figure 2. It can be seen that void ratio curve (15) of the fuel assembly of this invention is lower and flatter than curve (7) of the conventional fuel assembly. In addition, linear output density curve (16) has peak (17), which is much lower than peak (10) of curve (8) of the conventional fuel assembly. This is mainly because according to this invention, the effective void ratio is reduced near the location of peaks (10) and (17); hence, the linear output density is changed from curve (8) to curve (16).

In the above, the features of this invention have been explained with respect to the improvement of linear output density distribution. However, the present invention has another effect, that is, it can be used effectively for preventing the decrease in the residual reaction degree of the reactor core due to formation of voids.

In addition, similar effects as above can be achieved by using fuel rods with changed diameter in the axial direction, i.e., larger outer diameter of the fuel rods in the lower portion of the fuel assembly, and smaller diameter of the fuel rods in the upper portion of the fuel assembly. Another scheme is that the number of fuel rods in the horizontal cross section is made to be a function of the axial distance in the fuel assembly.

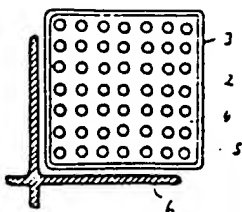
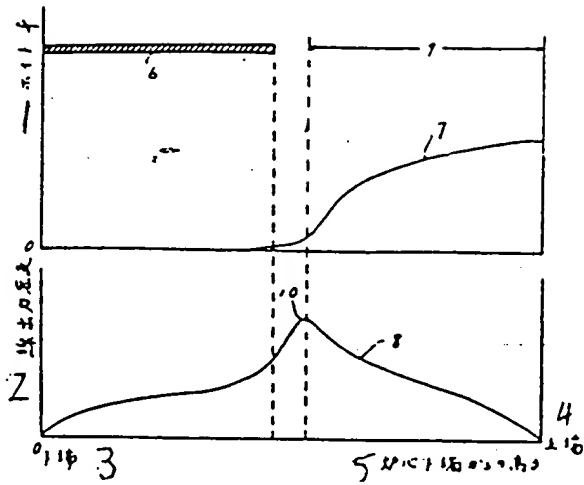


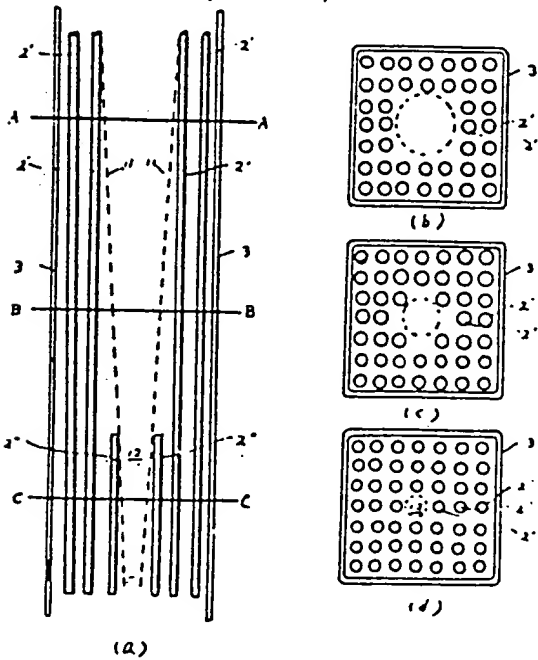
Figure 2



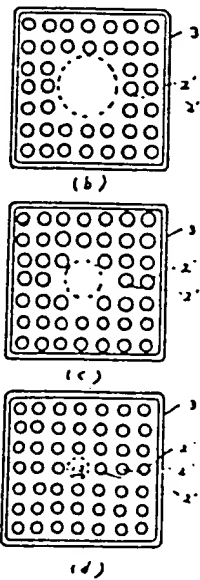
Key:

- 1: Void ratio
- 2: Linear output density
- 3: Lower end
- 4: Upper end
- 5: Height from bottom of reactor core

Figure 3



(a)

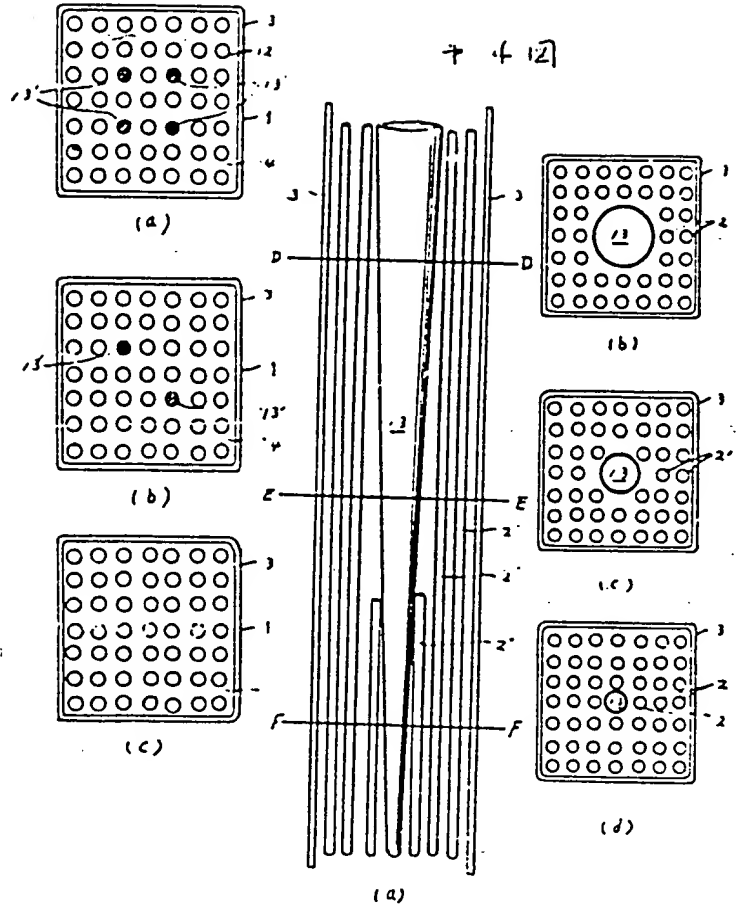


(b)

(c)

(d)

Figure 5



(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

(g)

(h)

(i)

(j)

(k)

(l)

(m)

(n)

(o)

(p)

(q)

(r)

(s)

(t)

(u)

(v)

(w)

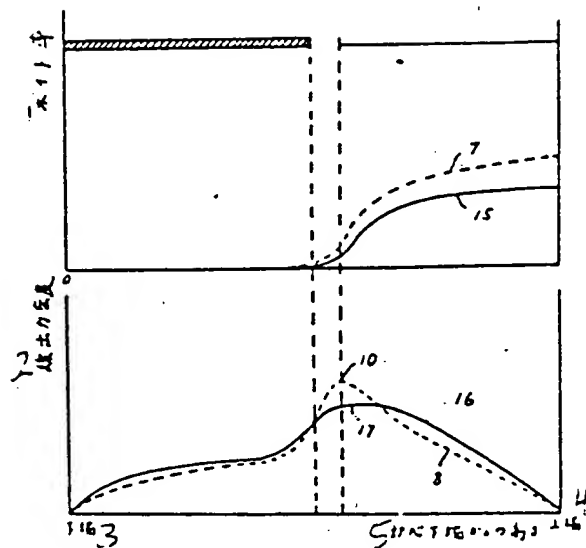
(x)

(y)

(z)



图 7-12



Key:

- 1: Void ratio
- 2: Linear output density
- 3: Lower end
- 4: Upper end
- 5: Height from bottom of reactor core